

住環境の変化が身体へ与える影響の実態把握

その3 札幌と福井の冬季入浴時の温熱環境と高齢者の血圧変化

正会員○齊藤 雅也 *1 正会員 羽山 広文 *2
非会員 坂倉恵美子 *3 正会員 釜澤 由紀 *4
正会員 菊田 弘輝 *5 非会員 村上 智彦 *6

4. 環境工学 10. 温熱感

温熱環境 入浴 高齢者 血圧 断熱

1. はじめに

人体周囲における急激な温熱環境の変化、いわゆる「ヒートショック」は、入浴時の裸体状態にあると、死亡事故に繋がる極めて危険な温熱環境とされている。厚生労働省の人口動態統計データに基づいて、住宅での心疾患・脳血管疾患の発生割合と住宅種別の関係を分析した既往研究^{1)~4)}では、これらが冬季に集中し、高齢者の入浴死と密接であることを明らかにしている。上記の疾患による浴室での死亡事故の多くは、脱衣室や浴室の低断熱性に起因するとされる。これまで、入浴時の人体の温熱生理・心理を実験的に明らかにする研究^{5), 6)}や、急激な温熱環境の変化に伴う人体エネルギー消費の解析例⁷⁾などいくつかの検討例はある。しかしながら、日常の入浴時の温熱環境や生理データが実測されている例、特に死亡事故が多発している寒冷地における高齢者を対象にしている例は極めて少ない⁸⁾。本研究では、寒冷地である札幌と福井に在住する高齢者を対象にして、冬季の入浴時における室温変化に対する高齢者の血圧変化を明らかにする実測と解析を行なった。本報では、その結果と考察を述べる。

2. 実測概要

表1に実測概要を示す。実測は2009年12月～2010年3月にかけて、札幌と福井に在住する、主として65歳以上の高齢者を対象に、事前に研究の目的・内容を説明し、研究協力への同意が得られた17人(札幌9人、福井8人)を被験者とした^{注)}。実測は同意書を取得した後、被験者の自宅に、温湿度計・血圧計・その他、データ記録紙などを小包で送付し、終了後に小包を戻してもらう依頼形式とした。

2台の空気温湿度計を自宅居間と脱衣室に設置し、被験者は入浴前の居間(以降、「入浴前・居間」)にて室温を確認後、血圧・心拍数を計測し記録する。次に、脱衣室に移動・脱衣後(以降、「入浴前・脱衣室」)に、居間と同様に室温、血圧と心拍数をそれぞれ記録してもらった。入浴前に湯温を計測、記録してもらい、入

浴後の居間(以降、「入浴後・居間」)にて、同様に室温と血圧・心拍数を記録してもらった。入浴時間は特に制限を設けなかった。以上を、入浴日について5回分実施してもらい、札幌で50回分、福井で40回分のデータを得た。

3. 実測結果と考察

3.1 室温変化の札幌・福井の地域による比較

気象庁のアメダス気象データより札幌と福井の外気温を取得し、室温との関係をそれぞれみだ。外気温は被験者の自宅所在地の観測点データを用い、記入されている入浴時間の前後20分間を対象とした。図1はその外気温と「入浴前・居間」の室温、図2は「入浴前・脱衣室」の室温との関係である。札幌は塗りつぶし、福井は白抜き印で示している。札幌の外気温は、0℃以

表1 実測概要

【実測期間】	札幌：2009年12月18日～2010年3月07日 福井：2010年02月28日～2010年3月25日 (同意書の取得後、郵送による依頼調査形式)
【被験者】	札幌：すべて札幌市に在住9人(男6・女3) 福井：福井市・越前市・鯖江市に在住8人(男5・女3)
【平均年齢】	札幌：69.0歳 福井：63.5歳
【実測方法】	①「入浴前・居間」にて<室温・生理データ>の計測と記録。脱衣室に移動、脱衣後、 ②「入浴前・脱衣室」にて<室温・生理データ>の計測と記録。 <湯温>の計測と記録、浴室から出て着衣後、 ③「入浴後・居間」にて<室温・生理データ>の計測と記録。 1回の計測が終了。
【生理データ】	血圧(収縮期/拡張期)・心拍数 (手首式血圧計1台/人：エアアンドディ製 UB-511)
【室温データ】	被験者宅の居間室温・脱衣室の室温 (デジタル温湿度計2台/世帯：DRETEC製)
【湯温データ】	湯温(湯温計1台/世帯：佐藤計量器製作所製)
【基礎データ】	被験者の住宅属性(住宅種別、築年数、改築歴ほか)浴室配置を含む平面図(被験者による手描き)、日常の入浴時刻、一週の入浴回数、入浴の好み、既往歴、健康に対する満足度(自己申告)ほか。

The influence of thermal environment on human body in residential buildings

Part 3. The blood pressure changes of the elderly in the thermal environment during the bathing in winter in Sapporo and Fukui

SAITO Masaya et al.

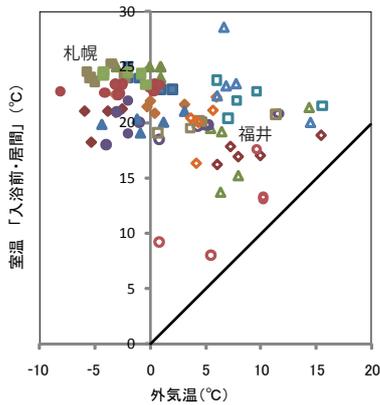


図1 外気温と「入浴前・居間」の室温

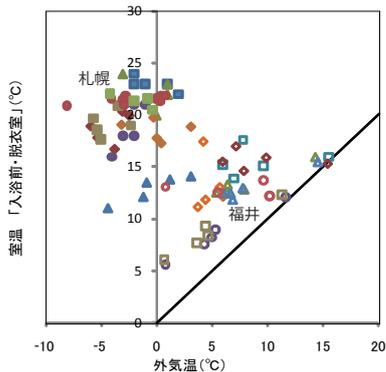


図2 外気温と「入浴前・脱衣室」の室温

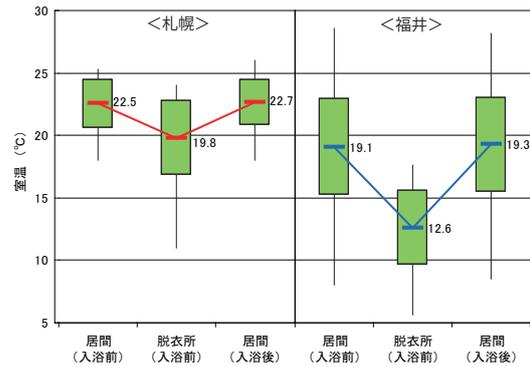


図3 札幌と福井の居間と脱衣室の室温変化

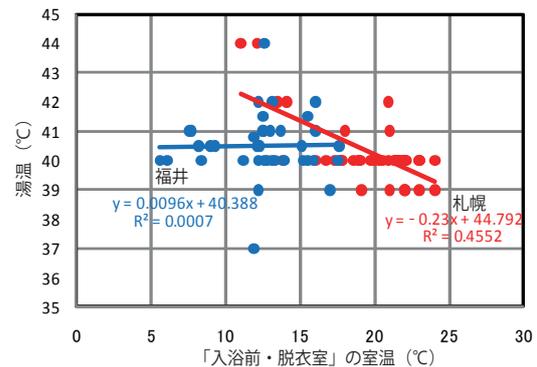


図4 札幌と福井の脱衣室の室温に対する湯温

下であるが、居間の室温は20℃以上、脱衣室は15℃以上である。一方、福井は外気温が0～10℃で居間の室温は15～20℃、脱衣室は5～15℃で、外気温とほぼ同程度の場合も見られる。

図3は、札幌と福井における居間と脱衣室の室温変化である。標準偏差は、札幌では居間1.9℃、脱衣室3.0℃、福井では居間3.9℃、脱衣室3.0℃だった。札幌の居間室温は福井よりも平均で3.4℃高く、脱衣室の室温は福井よりも7.2℃高い。札幌では入浴時の居間から脱衣室の室温は2.7℃低下するのに対して、福井では6.5℃の低下がある。したがって、札幌の住宅は福井よりも高断熱と考えられ、福井では居住者（高齢者）が入浴する際の身体への熱的負荷が札幌よりも大きいことが予想される。

図4は、「入浴前・脱衣室」の室温に対する湯温の関係である。脱衣室の平均室温と湯温の強い相関は福井ではみられないが、札幌ではやや相関が見られ、室温が低いほど湯温が高い傾向がある。札幌と福井の平均湯温を求めると、札幌は40.1℃、福井は40.9℃である（標準偏差はともに1.2）。この結果は、脱衣室の室温が低いと、湯温を高めにする傾向があることを若干ではあるが示していると言える。

3-2. 室温変化の住宅種別による比較

表2は、基礎データから得た被験者の住宅（札幌SS1～SS9、福井FF1～FF8）の種別（戸建・集合：

括弧内の(3/6)は6階建の3階を意味する)、築年数、浴室・脱衣室における窓の有無、浴室方位の一覧である。札幌はSS2、SS5、SS7は戸建住宅で、他は集合住宅、福井はすべてが戸建住宅である。また、浴室・脱衣室の窓の有無は、戸建住宅にはすべてに窓があり、集合住宅（札幌のみ）はすべてに窓がない。

図5は、「入浴前・居間」から「入浴前・脱衣室」の室温変化（最大最小・標準偏差・平均）を住宅別に示したものである。図6「入浴前・脱衣室」から「入浴後・居間」の室温変化を同様に示したものである。

図5で、試みに“室温変化が-5℃以上の群（-5より下）”をA群、“A群以外の群”をB群とすると、A群は札幌のSS5とSS7、福井のFF1、FF3～FF7で計8軒となる（FF3は5回分の3回が-5℃を下回っていたのでA群とした）。一方、B群は札幌のSS1～SS4、SS6、SS8、SS9、福井のFF2、FF8で計9軒となる。図6にて室温変化が+5℃以上をA群としてもA群とB群は図-5と変わらない。

A群の札幌のSS5とSS7は、築年数が35～36年の戸建住宅である。2つの住宅が建てられた1970年代前半は、住宅の断熱性に関する基準（呼称：「旧省エネルギー基準（1980年制定）」）が定められるよりも以前である。したがって、北海道でも当時の断熱気密の施工技術では熱損失係数が3.0W/(m²・K)以上の低断熱住宅と予想される。また、同じくA群に属する福井の5

表2 札幌・福井の住宅データ

番号	種別(階)	築年数	窓有無	浴室方位
【札幌】				
SS1	集合(3/6)	24	なし	東
SS2	戸建	21	あり	西・北
SS3	集合(5/9)	23	なし	東
SS4	集合(3/4)	25	なし	北
SS5	戸建	36	あり	西
SS6	集合(7/11)	28	なし	北
SS7	戸建	35	あり	北
SS8	集合(1/5)	21	なし	北
SS9	集合(11/14)	12	なし	東
【福井】				
FF1	戸建	12	あり	西
FF2	戸建	5	あり	北
FF3	戸建	16	あり	南
FF4	戸建	10	あり	北
FF5	戸建	10	あり	北
FF6	戸建	50	あり	北
FF7	戸建	12	あり	南
FF8	戸建	40	あり	西

軒の築年数は、札幌よりも浅いけれども、戸建で浴室・脱衣室に窓がある。これらは居間よりも5℃以上低い結果になっていて、脱衣室の低断熱性が懸念される住宅と考えられる。

B群に属する札幌の住宅はほとんどが集合住宅（ほとんどは分譲型マンション）である。築年数が20年を超える住宅が多いが、当時のほとんどの分譲型マンションにおける浴室の配置は外壁に面さない（窓がない）型と考えられる。B群では唯一の戸建住宅SS2は築年数が21年で、1992年に制定された「新省エネルギー基準」の2年前で、A群のSS5・SS7よりも断熱性が優れていると考えられる。一方、B群の福井のFF2は、築年数5年で最近の「次世代省エネルギー基準」が反映された比較的、断熱性の良い住宅と考えられる。

また、図5で、居間よりも脱衣室の室温が高いFF8は、居間室温が10℃以下で、脱衣室が13℃（おそらく暖房をしているか、浴室からの排熱が脱衣室に回っている）だったことが結果に表れている。FF8の温熱環境は高齢な居住者にとっては極めて厳しいものと考えられ、計算上はB群だが実質、A群に属する低断熱住宅といえる。

3-3 室温変化に対する血圧変化

図7は、「入浴前・居間」から「入浴前・脱衣室」への移動の際に生じた室温変化に対する被験者の収縮期血圧の変化を、札幌と福井に分けたものである。横軸は室温、縦軸は収縮期血圧の変化（いずれも「入浴前・脱衣室」と「入浴前・居間」の差）である。

被験者の血圧は、室温変化に伴ない上昇する（第4象限のプロットが多い）。室温が10℃以上低下する例が多い福井の血圧上昇は札幌よりも顕著に大きく、両者の差は40～60 mmHgになる。室温低下と血圧上昇の相関は福井でやや高く（ $R^2=0.18$ ）、札幌ではみられない（ $R^2=0.02$ ）。血圧上昇には、温度変化に伴なう熱負荷だけでなく、居間から脱衣室への歩行移動と脱衣による運動負荷の影響も含まれると考えられる。移動の

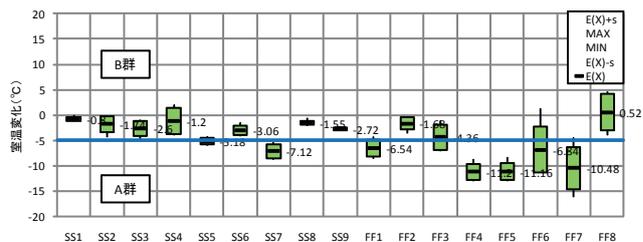


図5 各住宅の室温変化「入浴前・居間」→「入浴前・脱衣室」

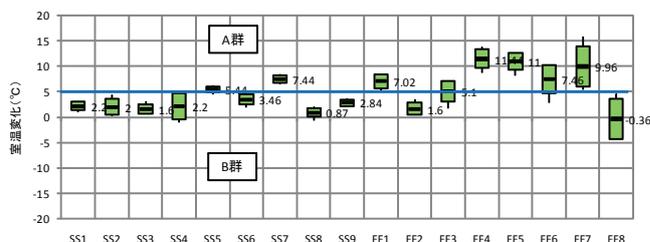


図6 各住宅の室温変化「入浴前・脱衣室」→「入浴後・居間」

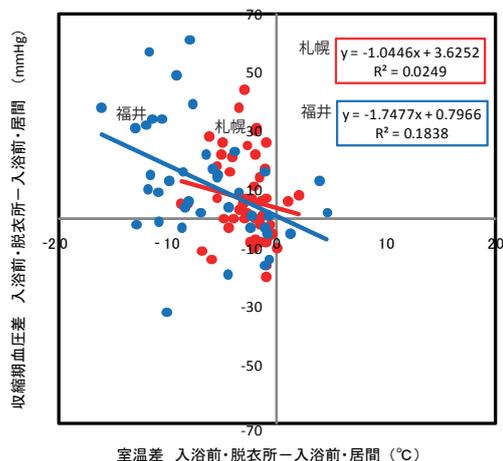


図7 室温変化に対する収縮期血圧の変化「入浴前・居間」→「入浴前・脱衣室」

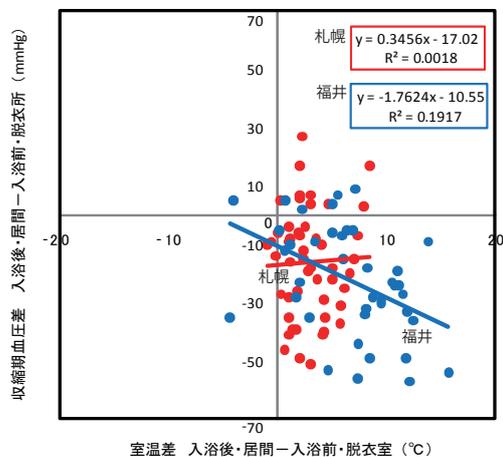


図8 室温変化に対する収縮期血圧の変化「入浴前・脱衣室」→「入浴後・居間」

影響は今後の検討課題とするが、脱衣による運動負荷が被験者に関係なく同じと仮定すると、福井の被験者の血圧低下は、居間から脱衣室の室温低下の影響が大きく、住宅の低断熱性に起因するものと考えられる。

図8は、「入浴後・脱衣室」から「入浴後・居間」までの室温と収縮期血圧の変化である。札幌、福井ともに入浴後は収縮期血圧は下降する（第2象限のプロットが多い）。これは40℃前後のお湯に身体が浸かった後、浴室から出て、服を着て暖房された居間に戻る一連の過程による血圧降下と考えられる。図7と同様に、福井の方が室温上昇と血圧降下の相関が高く（ $R^2=0.19$ ）、札幌では相関がない（0.00）。札幌と福井の外気温の差と人体周囲空気の温度変化が血圧に与える影響は、血圧と心拍数の二重積^{8)・9)}、人体のエクセルギー消費速度⁷⁾を明らかにするなどの数値解析が必要と考えられるが、こちらも今後の課題としたい。

図9は、入浴前の居間から脱衣室の室温低下に対する血圧上昇の発生率である。発生率は「室温低下+血圧上昇の発生件数」は「室温低下の発生件数」で除した値を100倍したものである。被験者のほとんどは高齢者であるが、既往症の有無などの個人差が大きく、血圧の絶対値を比較することは困難と考え、室温低下に対する血圧上昇の件数割合を計算した。横軸の見方は、例えば-5℃では「室温変化が-5℃以下」を意味する。発生率が80%を超える点は、室温変化が-4℃から-5℃の間で、これは前述のA群とB群に分けた住宅種別の境界温度に相当する。居間から脱衣室への室温低下が5℃以上（低断熱住宅：A群）になると、80%の確率で血圧が上昇する。入浴時の居間から脱衣室の室温低下は5℃以内であれば、高齢者の身体に過度な熱負荷をかけないと考えられる。

4. まとめ

- 1) 札幌は居間 22.5℃、脱衣室 19.8℃の室温に対して、福井は居間 19.1℃、脱衣室 12.6℃であった。福井は札幌よりも外気温が10℃ほど高いが、住宅内の温熱環境は札幌より居間で3℃、脱衣室で7℃低い温熱環境であった。平均湯温は札幌 40.1℃、福井 40.9℃で、脱衣室の室温が低い環境では、湯温をやや高めにする傾向があった。
- 2) 居間と脱衣室の室温変化が小さいのは、札幌の集合、札幌・福井とも築年数の浅い戸建であった。一方、室温変化が大きいのは、札幌では築年数35年以上、福井では10年以上の住宅であった。
- 3) 居間から脱衣室への室温低下に対する血圧上昇の

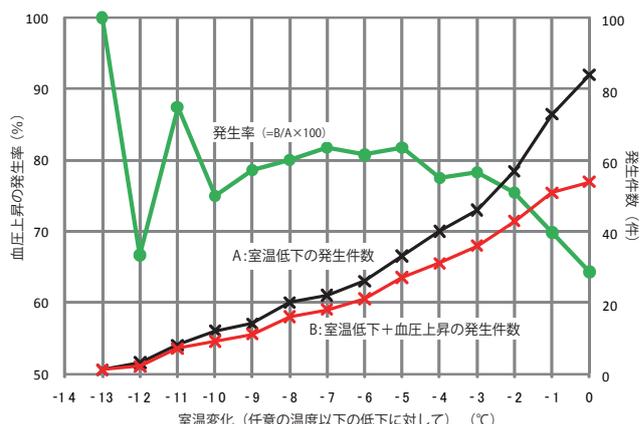


図9 室温低下に対する血圧上昇の発生率

相関は、福井の方が札幌よりも顕著であった。室温の低下が5℃以上になると、80%の確率で血圧が上昇すると考えられた。

謝辞 本研究は、札幌と福井の被験者の皆さま、福井のお風呂と健康を考える会「お風呂ネットふくい」の皆さまには多大なご協力とご支援をいただきました。ここに記して謝辞とします。

注 本研究は、2009年度公立大学法人札幌市立大学倫理委員会に対して倫理申請を行ない、審査・承認内容を実施した。また、2009～2010年度日本建築学会北海道支部特定課題研究委員会「住環境の変化が身体へ与える影響の実態把握（主査：羽山広文）」の支援を受けた。

参考文献

- 1) 羽山広文・松村亮典・絵内正道・菊田弘輝・森太郎：建築都市の安全性の評価分析とバリアフリー対策 その1 人口動態統計データを用いた疾病発生率の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 427-428、2007. 8。
- 2) 松村亮典・羽山広文・絵内正道・菊田弘輝・森太郎：建築都市の安全性の評価分析とバリアフリー対策 その2 入浴時の浴室温熱環境調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 429-430、2007. 8。
- 3) 羽山広文・釜澤由紀：住環境が死亡原因に与える影響 その1 気象条件・死亡場所と死亡率の関係、日本公衆衛生学会総会、00803-12、2009. 10。
- 4) 釜澤由紀・羽山広文・絵内正道・菊田弘輝・松村亮典：人口動態統計データを用いた都市における浴室内溺死・溺水に関する研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp. 1279-1282、2009. 9。
- 5) 久保博子・磯田憲生・高田暁・永井廉子：入浴行動と入浴時の温熱環境の実測調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 479-480、2003. 9。
- 6) 津本美和・久保博子・磯田憲生・八木廉子：入浴行動と入浴時の温熱環境の実測調査：夏期と冬期における通常入浴時の温熱環境と生理・心理反応について、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 521-522、2006. 9。
- 7) 斉藤雅也・宿谷昌則：熱環境の変化が人体エクセルギー収支に及ぼす影響に関する検討、日本建築学会北海道支部研究報告集 No. 74、pp. 163-166、2001. 7。
- 8) 斉藤雅也・羽山広文・坂倉恵美子・進藤ゆかり・原井美佳・釜澤由紀・香西里美・村上智彦：寒冷地における高齢者の入浴前後の生理反応に関する実測、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp. 1275-1278、2009. 9。
- 9) 高橋龍太郎・小太刀一光・杉山智美・前川佳史：ミストサウナを活用した高齢者向け入浴方法の検討 その2 入浴時の生理反応の変化、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 419-420、2007. 9。

* 1 札幌市立大学デザイン学部 准教授・博士（工学）
 * 2 北海道大学大学院 工学研究院 教授・博士（工学）
 * 3 札幌市立大学看護学部 教授・博士（医学）
 * 4 高砂熱学工業・修士（工学）
 * 5 北海道大学大学院 工学研究院 助教・博士（工学）
 * 6 夕張希望の杜 理事長・博士（医学）

* 1 Assoc.Prof., School of Design, Sapporo City Univ., Dr. Eng.
 * 2 Prof., Faculty of Engineering, Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 * 3 Prof., School of Nursing, Sapporo City Univ., Dr. Med.
 * 4 Takasago Thermal Engineering, M.Eng.
 * 5 Assis.Prof., Faculty of Engineering, Hokkaido Univ., Dr. Eng.
 * 6 Chief Executive, Yubari Kibonomori, Dr. Med.